

## Method of determining state of accumulator battery charge and power handling capacity with heavy current

**Publication number:** CZ9903638

**Publication date:** 2000-07-12

**Inventor:** LAIG-HOERSTEBROCK HELMUT DR (DE); MEISSNER  
EBERHARD DR (DE); UEBERMEIER DIETER (DE);  
MICHELS KARSTEN (DE); DIERKER UWE (DE)

**Applicant:** VB AUTOBATTERIE GMBH (DE); VOLKSWAGEN AG  
(DE)

**Classification:**

**- international:** *G01R19/00; H01M10/48; H02J7/00; G01R19/00;  
H01M10/42; H02J7/00; (IPC1-7): G01R19/00;  
H01M10/48; H02J7/00*

**- European:**

**Application number:** CZ19990003638 19991014

**Priority number(s):** CZ19990003638 19991014

**Report a data error here**

Abstract not available for CZ9903638

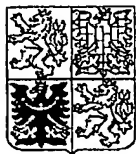
---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 14.10.1999  
(32) Datum podání prioritní přihlášky: 15.10.1998  
(31) Číslo prioritní přihlášky: 1998/19847648  
(33) Země priority: DE  
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 12.07.2000  
(Věstník č. 7/2000)

(21) Číslo dokumentu:  
**1999 - 3638**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

G 01 R 19/00  
H 01 M 10/48  
H 02 J 7/00

(71) Přihlašovatel:  
VB AUTOBATTERIE GMBH, Hannover, DE;  
VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg, DE;

(72) Původce:  
Laig-Hörstebroek Helmut Dr., Frankfurt, DE;  
Meissner Eberhard Dr., Hofheim, DE;  
Übermeier Dieter, Hannover, DE;  
Michels Karsten, Braunschweig, DE;  
Dierker Uwe, Iserbüttel, DE;

(74) Zástupce:  
Čermák Karel Dr., Národní třída 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:  
**Způsob určení stavu nabití akumulátorů a  
zatížitelnosti vysokým proudem**

(57) Anotace:

U způsobu ke stanovení stavu akumulátorů a jejich  
zatížitelnosti vysokým proudem se v pauzách bez proudu před  
a po zátěžové fázi měří napětí  $U_{o1}$  a  $U_{o2}$  chodu naprázdno. Z  
něho se při zohlednění parametrů, specifických pro  
akumulátor, zejména časového průběhu napětí chodu  
naprázdno, vypočítávají absolutní klidová napětí  $U_{oo1}$  a  $U_{oo2}$   
akumulátoru. Během zátěžové fáze se měří přeměněné  
proudové množství  $q$ , a ze vztahu  $U_{oo2} - U_{oo1} = C_1 q / Q_o$  se  
zjišťuje z průběhu klidového napětí  $U_{oo}$ , linearizovaného  
pomocí vzorce  $SOC_i = U_{oo2} / C_1 - C_2$ , v závislosti na stavu  
nabití akumulátoru, z čehož se vypočítává absolutní stav nabití  
jako  $SOC_i Q_o$ . Z vnitřního odporu  $R_i$ , předem dané teploty a  
naposled zjištěného stavu nabití se prognózuje klidové napětí  
pro pozdější časový okamžik, ze kterého se známým proudem,  
potřebným ke spouštění motoru, odvozuje výpověď o  
schopnosti akumulátoru ke spouštění.

CZ 1999 - 3638 A3

01-2015-99-Če

Způsob určení stavu nabití akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem

#### Oblast techniky

Vynález se týká způsobu k určení stavu nabití akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem.

#### Dosavadní stav techniky

Pro uživatele akumulátorů je důležité znát stav nabití akumulátorů a jejich zatížitelnost vysokým proudem. Ke schopnosti spouštěcího akumulátoru spouštět motorové vozidlo se spalovacím motorem je rozhodující stav nabití akumulátoru a stav stárnutí, popř. se rýsující úbytek kapacity akumulátoru, protože tím se omezuje velikost proudu, který se nechá odebírat ze spouštěcího akumulátoru, popř. jeho odevzdávaný výkon. Zvláštní význam má stanovení stavu nabití, popř. spouštěcí schopnosti akumulátoru v případech, ve kterých existuje například přerušovaný provoz motoru, protože potom v době vypnutého motoru se přístrojová deska vozidla se svými spotřebiči dále provozuje, ačkoliv generátor nevyrábí žádný proud. Kontrola stavu nabití a spouštěcí schopnosti akumulátoru musí v takových případech zaručit, že energie, obsažená v akumulátoru, postačuje stále k tomu, že se motor nechá ještě spustit.

K měření stavu nabití akumulátorů jsou známy nejrůznější způsoby. V mnoha případech se používají integrované měřicí přístroje (počítadlo Ah), přičemž se nabíjecí proud zohledňuje pevným nabíjecím koeficientem, popřípadě odhadem. Protože využitelná kapacita akumulátoru je závislá na velikosti vybíjecího proudu a teplotě, nemůže se takovým způsobem přijít

ani na žádnou uspokojící výpověď o využitelné kapacitě, která se ještě nechá akumulátoru odebrat.

Z DE-PS 2242510 je například známo, že u způsobu k měření stavu nabití se nabíjecí proud odhaduje koeficientem, závislým na teplotě a na stavu nabití samotného akumulátoru.

Z DE-OS 4007883 je možno vyčíst způsob, u kterého se zjišťuje spouštěcí schopnost akumulátoru měřením napětí akumulátoru a teploty akumulátoru a srovnáním se soustavou nabíjecích charakteristik, platnou pro typ akumulátoru, který chceme zkoušet.

Z DE-OS 19543874 je možno vyčíst způsob výpočtu vybíjecí charakteristiky a měření zbytkové kapacity akumulátoru, u kterého způsobu se rovněž měří proud, napětí a teplota, přičemž se vybíjecí charakteristika aproximuje matematickou funkcí se zakřiveným povrchem.

DE-PS 3901680 popisuje způsob kontroly schopnosti spouštěcího akumulátoru ke spouštění zastudena, při kterém se spouštěcí akumulátor dočasně zatěžuje odporem, měří se napětí, které na odporu klesá, a porovnáním s hodnotami, získanými zkušenostmi, se stanovuje, zda ještě postačuje schopnost akumulátoru ke spouštění za studena. K zatížení spouštěcího akumulátoru přitom slouží proces spouštění.

Na závěr je možno z DE-OS 4339568 zjistit způsob ke stanovení stavu nabití spouštěcího akumulátoru motorového vozidla, u kterého se měří proud akumulátoru a klidové napětí a ze kterého se usuzuje na stav nabití, přičemž se dodatečně zohledňuje i teplota akumulátoru. Nabíjecí proudy, naměřené během různých časových intervalů, se spolu porovnávají a z tohoto se stanovuje zbytková kapacita.

Známymi způsoby není bez dalšího možné, získat dostatečný údaj stavu nabití akumulátoru, který je dostatečně přesný, mnohé z těchto známých způsobů jsou dále nákladné a proto se bez dalšího nedají použít v motorovém vozidle.

Vynález má za úkol, udat způsob ke stanovení stavu nabití a spouštěcí schopnosti spouštěcího akumulátoru motorových vozidel, který má dostatečnou přesnost v praxi a také je tak jednoduchý, že systém rozpoznávání stavu akumulátoru se již po krátké době "naučí" všechny potřebné pevné parametry funkčních závislostí a je schopný předpovídatí.

#### Podstata vynálezu

Tento úkol se řeší způsobem ke stanovení stavu nabití akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem, spočívajícím v tom, že v pauzách bez proudu před a po zátěžové fázi se měří napětí  $U_{01}$  a  $U_{02}$  chodu naprázdno, že se z něho při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména časového průběhu napětí chodu naprázdno, vypočítávají klidová napětí  $U_{001}$  a  $U_{002}$  akumulátoru, že během zátěžové fáze se měří přeměněné proudové množství  $q$ , a že se ze vztahu ve tvaru  $U_{002} - U_{001} = C_1 q / Q_0$  zjišťuje kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru a že relativní stav nabití SOC<sub>i</sub> se zjišťuje z průběhu klidového napětí  $U_{00}$ , linearizovaného pomocí vzorce  $SOC_i = U_{002} / C_1 - C_2$ , v závislosti na stavu nabití akumulátoru, z čehož se vypočítává absolutní stav nabití jako SOC<sub>i</sub>  $Q_0$ .

Vztah mezi stavem nabití SOC (State of Charge) a klidovým napětím  $U_{00}$  zohledňuje skutečnost, že klidové napětí u malých nabíjecích stavů sice roste nelineárně s SOC, potom ale ve vyšší oblasti stavu nabití, relevantní pro praxi, přechází do téměř lineárního průběhu. Pro SOC se proto používá lineární přizpůsobení na závislost klidové napětí/stav nabití v oblasti SOC mezi 0,2 a 1 tvaru  $SOC = U_{00} / C_1 - C_2$  s  $C_1$  cca. 1,5 V a  $C_2$

cca. 7,5 (pro olověné akumulátory s šesti články).

### Příklady provedení vynálezu

Podle způsobu podle vynálezu se v pauzách bez proudu před zatěžovací fází nebo po ní uskutečňuje měření napětí  $U_0$  akumulátoru chodu naprázdno. Z něho se při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména ale časového průběhu napětí  $U_0$  chodu naprázdno, počítá absolutní klidové napětí  $U_{00}$  akumulátoru. Během zatěžovací fáze se měří přeměněné množství proudu  $q$  a z poměru rozdílu takto spočítaných klidových napětí a změny náboje se stanovuje takzvaná kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru, popř. se zjišťuje změna stavu nabití akumulátoru. K tomu slouží vztah

$$U_{002} - U_{001} = C_1 q / Q_0$$

$C_1$  je veličina, stanovená empiricky ze systémových vlastností olověného akumulátoru. Její hodnota leží u běžných spouštěcích akumulátorů při cca. 1,5 V (šestičláňkové baterie).

Kapacita  $Q_0$  kyseliny je množství elektřiny, které je vyjádřené v elektrických ekvivalentech a které je uloženo v kyselině sírové, která je v akumulátoru k dispozici.

Množství proudu  $q$ , přeměněné během zatěžovací fáze, se stanovuje integrovaným měřením proudu  $i$  akumulátoru. Měření napětí v klidových fázích akumulátoru se přednostně uskutečňuje v předem daných časových intervalech. Časové intervaly se přitom volí tak, že se uskutečňuje stálá kontrola akumulátoru, měření se může například uskutečňovat v minutových intervalech.

Je účelné, normalizovat všechna měřená data na předem danou teplotu, např. 25 °C. U výpočtu absolutního klidového

napětí  $U_{00}$  z naměřených napětí chodu naprázdno se zohledňuje tvar napětí, časový průběh napětí akumulátoru a doba předcházející klidové pauzy. Právě klidové napětí se stanovuje ze dvou klidových napětí, měřených po sobě v jedné pauze. Abychom u tohoto výpočtu dostali uspokojující výsledky, měla by se první použitá hodnota napětí měřit po minimálním časovém intervalu cca. 2 hodiny, a druhá použitá hodnota napětí po dalších cca. 2 hodinách pauzy.

Aby se mohly zjistit další údaje o stavu akumulátoru, zejména případné předpovědi o budoucí spouštěcí schopnosti, určuje se vnitřní odpor  $R_i$  akumulátoru vysokým proudovým zatížením, například při procesu spouštění. Ze zjištěného vnitřního odporu a dat akumulátoru, vypočítaných před tím, se nechá odvodit prognóza o budoucí spouštěcí schopnosti akumulátoru.

Během klidové fáze akumulátoru se uskutečňuje měření napětí  $U_0$  akumulátoru chodu naprázdno. Pro vyhodnocení tohoto napětí chodu naprázdno se účelným způsobem dodržuje minimální klidový čas, který leží v oblasti cca. 4 hodiny. Dobou pauzy se přitom rozumí časový interval, ve kterém je proud menší než cca. 0,1 A u akumulátoru 12 V/50 Ah. Pokud tečou větší proudy, začíná doba pauzy znova od konce těchto zatížení.

V případech, ve kterých je  $U_0$  po více než jedné hodině ještě větší než 13,2 V (šesti článkový akumulátor), se nemusí uskutečnit žádné další měření, protože se může vycházet z toho, že existuje stav plného nabití. Pokud klidová pauza leží mezi 4 a 8 hodinami a klidové napětí přitom klesá, vyplývá absolutní klidové napětí  $U_{00}$  z následujícího vztahu

$$U_{00} = U_0(4h) - \alpha(U_0(2h) - U_0(4h))$$

$$\text{přičemž } \alpha = 2,5 - 3,5 \text{ pro } T = 25^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 15 - 20 \text{ pro } T = -18^\circ\text{C}$$

V obecném tvaru se nechá  $U_{00}$  stanovit z  $U_0$  podle následujícího vztahu:

$$U_{00} = U_0(t) + ((\alpha + 2) - \ln(t)/\ln(2))(U_0(t) - U_0(t/2))$$

(s časem  $t$  v hodinách).

Pokud chceme přesnost ještě zvýšit, může se pro  $\alpha$  také ještě zavést  $U_0(t)$ -závislost.

Pokud během klidové fáze roste klidové napětí  $U_0$ , je nastavení klidového napětí po cca. 4h obecně ukončeno, tzn.:

$$U_{00} = U_0(t > 4h)$$

Protože určení absolutního klidového napětí  $U_{00}$  z vybíjení akumulátoru je obecně podstatně přesnější, než měření, vycházející z předcházejícího nabíjení, může se vypočítaná hodnota absolutního klidového napětí hodnotit váhovým faktorem, který je pro vybíjení větší než pro nabíjení.

Výhodné je, normalizovat měřené hodnoty napětí stále na určitou teplotu, například na 25 °C. Toto normalizování se uskutečňuje podle vzorce

$$U_{00}(25\text{ °C}) = U_{00}(T) - (T - 25\text{ °C})\beta$$

Faktor  $\beta \approx 0,0014$  V/stupeň platí pro šesti článkový olověný spouštěcí akumulátor. S rostoucím počtem článků se úměrně zvětšuje, popř. zmenšuje.

Napětí  $U_{00}$  chodu naprázdno, vypočítané z právě posledního měření, je měřítkem pro relativní stav nabití SOC (State of Charge) akumulátoru, přičemž:



$$\text{SOC} = U_{00} (25 \text{ } ^\circ\text{C}) / C_1 - C_2$$

Ze dvou takto stanovených klidových napětí a množství elektřiny  $q = \int i dt$ , které se, v mezi nimi ležícím časovém intervalu, odebírá z akumulátoru, popř. se do akumulátoru nabíjí, se nechá odhadnout kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru. Tato kapacita kyseliny, která dostaneme podle

$$Q_0 = C_1 q / (U_{002} - U_{001})$$

z naměřených hodnot, je ekvivalentem kapacity množství kyseliny sírové, které se při neomezení elektrodou akumulátoru při vybíjení teoreticky přeměňuje v olověném akumulátoru. Hodnota  $C_1$  leží při cca. 1,5 V a hodnota  $C_2$  leží při cca. 7,5 u šesti článkového akumulátoru.

Absolutní stav nabití akumulátoru v ampérsekundách v tomto okamžiku dostaneme jako  $\text{SOC } Q_0$ .

Aby se z dříve stanovených hodnot mohly dělat dodatečně ještě prognózy o spouštěcí schopnosti akumulátoru v pozdějším časovém okamžiku, musí se doplnkově ještě měřit vnitřní odpor  $R_i$  akumulátoru.

Vnitřní odpor akumulátoru vyplývá z měření napětí a proudu při vyšším zatížení. K tomu slouží zejména měření napětí a proudu při procesu spouštění.

$R_i$  například dostaneme z

$$R_i = (U_{\text{Last}} - U_0) / (I_{\text{Last}} - I_0)$$

přičemž  $U_0$  je naposled měřené klidové napětí a  $I_0$  je naposled měřený základní proud, způsobený jinými spotřebiči, jako

osvětlení vozidla atd.

Průběh vnitřního odporu spouštěcího akumulátoru v závislosti na stavu nabití je pro více než 50% stavy nabití prakticky konstantní, při nepatrných stavech nabití ale silně stoupá. Aby se tento průběh zohlednil při zjišťování spouštěcí schopnosti akumulátoru, skládá se vnitřní odpor  $R_i$  ze dvou částí: části  $R_1$ , takřka nezávislé na stavu nabití a závislé jenom na teplotě, a podílu  $R_2$ , který se pro  $SOC < 0,5$  silně mění s  $SOC$ .

$$R_i = R_1(T) + R_2(SOC)$$

Pokud je stav nabití větší než 50 %, určuje se  $R_i$  z

$$R_i = R_1$$

Pokud je stav nabití menší než 50 %, určuje se  $R_2$  z

$$R_2 = R_i - R_1$$

Pro  $R_2$  se osvědčil tvar  $R_2 = \exp(-b(SOC - SOC_{cr}))$  s

$b \approx 21$ . Z něho se určuje  $SOC_{cr}$ .

Když má například začít stanovování stavu nabití s novým akumulátorem, musí se nejdříve udělat předpoklad o kapacitě spouštěcího akumulátoru, například 60 Ah, a o hraničním  $SOC_{cr}$ , např. 0,2 a o vnitřním odporu (například 14 mΩ). Z počátečního klidového napětí  $U_0$  se vypočítá stav nabití, jak je vysvětleno výše.

Z prvního procesu spouštění se zjišťuje vnitřní odpor  $R_i$  a stav nabití  $SOC$ . Tyto hodnoty se, pokud se nově stanovují k pozdějšímu časovému okamžiku, nepřejímají plně, nýbrž se poslední hodnota koriguje podle kvality nového měření. Čím

větší je množství kapacity, nabíjené nebo odebírané mezi pauzami, tím přesněji se může zjistit kapacita kyseliny a o tolik dříve se může úplně přebírat nová hodnota. Účelné je přebírat nově zjištěnou hodnotu pevně, např. s 10% odchylkou. Když vyhodnocení absolutního klidového napětí dává vyšší hodnotu pro stav nabití, než výpočet ze součtu starého určení stavu nabití a měřené změny stavu nabití, kvůli jistotě a z důvodů hodnověrnosti se nepřebírá SOC - hodnota, spočítaná z  $U_{00}$ , úplně, nýbrž korigovaná hodnota.

Ze souvislosti podle vynálezu se nechá předložit prognóza o opětovné spouštěcí schopnosti akumulátoru, například po delší klidové pauze. Toto má například smysl, když se vozidlo v zimě večer odstaví a při příslušně nízké vnější teplotě se má zjistit, zda je akumulátor ještě s to, vozidlo bezpečně spouštět příští ráno při případně jiných teplotách.

K řešení tohoto úkolu prognózování se tvoří  $T_m$  z minimálních vnějších teplot posledních tří dní, uložených v systému, podle

$$T_m = \text{Min}(T_{\text{min}}) - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dodatečné snížení o dalších 10 °C je bezpečnostní koeficient a může se přizpůsobit klimatickým podmínkám stanoviště.

Ze známého posledního stavu nabití (SOC) a naposled určené změny stavu nabití  $g/Q_0$  se vytváří stav nabití SOC pomocí

$$\text{SOC} = \text{SOC}_i + g/Q_0$$

Z SOC se stanovuje, jak bylo zmíněno výše,  $U_{00}$  pro schválenou teplotu.

Tím je známo očekávané klidové napětí pro prognózovaný spouštěcí proces. Z již uvedené závislosti vnitřního odporu  $R_i$  a stavu nabití  $SOC$  se vypočítává vnitřní odpor, který se očekává v časovém okamžiku spouštění.

Za předpokladu potřebného spouštěcího proudu  $I_{start}$  pro studený motor dostaneme prognózované spouštěcí napětí  $U_{start} = U_0 - R_i \times I_{start}$ . Z tohoto vztahu se může zjistit, zda spouštěcí napětí, které se očekává, ještě větší než předem dané napětí. Když je spouštěcí napětí větší než toto předem dané napětí, může se motor přistí ráno ještě bezpečně spustit, pokud je ale napětí menší, není už dostatečná jistota a akumulátor se musí nabíjet. S touto metodou výpočtu je možné nejenom prognózovat opětovnou spouštěcí schopnost akumulátoru, nýbrž se také při provozu může, například u vozidel s přerušovaným provozem motoru, stanovovat časový okamžik opětovného spouštění motoru.

Výchozí měřené hodnoty ( $U_0$ ,  $I$ ,  $I$ ), potřebné pro popsany způsob, se nechají v motorovém vozidle lehce zjistit. Tato data se mohou vyhodnocovat známým elektronickým systémem zpracování naměřených hodnot, a mohou řídit příslušné indikace v motorovém vozidle.

# PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob ke stanovení stavu nabití akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem, v y z n a č u j í c í s e t í m, že v pauzách bez proudu před a po zátěžové fázi se měří napětí  $U_{01}$  a  $U_{02}$  chodu naprázdno, že se z něho při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména časového průběhu napětí chodu naprázdno, vypočítávají klidová napětí  $U_{001}$  a  $U_{002}$  akumulátoru, že během zátěžové fáze se měří přeměněné proudové množství  $q$ , a že se ze vztahu ve tvaru  $U_{002} - U_{001} = C_1 q / Q_0$  zjišťuje kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru a že relativní stav nabití SOC, se zjišťuje z průběhu klidového napětí  $U_{00}$ , linearizovaného pomocí vzorce  $SOC = U_{002} / C_1 - C_2$ , v závislosti na stavu nabití akumulátorů, z čehož se vypočítává absolutní stav nabití jako SOC,  $Q_0$ .
2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že při výpočtu absolutního klidového napětí  $U_{00}$  z naměřeného klidového napětí  $U_0$  se zohledňuje tvar napětí, časový průběh napětí a doba trvání klidové pauzy.
3. Způsob podle nároku 1 a 2, v y z n a č u j í c í s e t í m, že měření klidového napětí  $U_0$  během klidových pauz se uskutečňuje v pevných, předem daných odstupech.
4. Způsob podle nároku 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m, že vypočítané absolutní hodnoty klidového napětí  $U_{00}$  se normalizují korekčními koeficienty na předem danou teplotu.
5. Způsob podle alespoň jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m, že absolutní klidové napětí  $U_{00}$  se určuje z měření napětí  $U_0$  chodu naprázdno po minimální době klidu cca. 2 hodiny.
6. Způsob podle alespoň jednoho z nároků 1 až 5,

v y z n a č u j í c í s e t í m, že pomocí vysokého proudového zatížení se vnitřní odpor  $R_i$  zjišťuje jako podíl z rozdílů napětí a proudů před a během zatížení vysokým proudem.

7. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 6, v y z n a č u j í c í s e t í m, že z vnitřního odporu  $R_i$ , předem dané teploty a naposled zjištěného stavu nabití se prognózuje klidové napětí pro pozdější časový okamžik, ze kterého se známým proudem, nutným ke startování motoru, odvozuje výpověď o spouštěcí schopnosti akumulátoru.